

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-017471

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
B01J 19/08
H05H 1/00

(21)Application number : 2001-198830

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP

(22)Date of filing : 29.06.2001

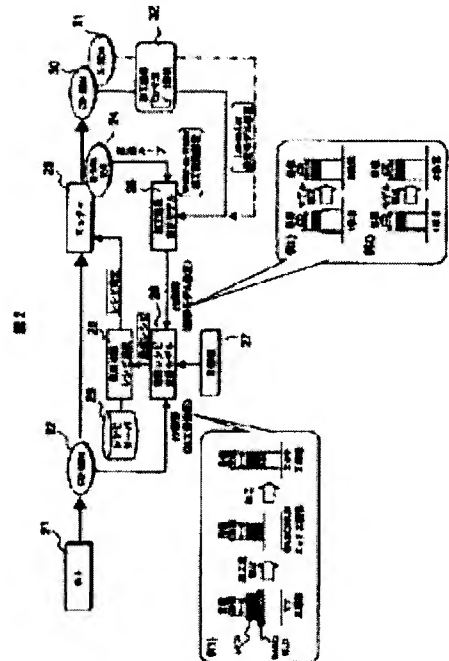
(72)Inventor : KAGOSHIMA AKIRA
YAMAMOTO HIDEYUKI
IKUHARA SHIYOUJI
MASUDA TOSHIO
KITSUNAI HIROYUKI
TANAKA JUNICHI
MORIOKA NATSUYO
TAMAOKI KENJI

(54) PLASMA TREATMENT APPARATUS AND METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treatment apparatus and a plasma treatment method for suppressing influences due to disturbances.

SOLUTION: The plasma treatment apparatus has a plasma treatment apparatus 23 for performing treatment to a sample which is accommodated into a vacuum processing chamber, a sensor 24 for monitoring the amount of process that is being treated, a machining result estimation model 25 for estimating a machining result, based on monitor output from the sensor and the prediction expression of a preset machining result, and an optimum recipe calculation model 26 for calculating the compensation value of treatment conditions, based on the estimation result of the estimation model of the machining result, so that the machining result reaches a target value and controls the plasma treatment apparatus 23 based on recipes being generated by the optimum recipe calculation model.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-17471

(P2003-17471A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 1 L 21/3065

B 0 1 J 19/08

H 4 G 0 7 5

B 0 1 J 19/08

H 0 5 H 1/00

A 5 F 0 0 4

H 0 5 H 1/00

H 0 1 L 21/302

A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-198830(P2001-198830)

(22) 出願日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(74) 上記1名の代理人 100093492

弁理士 鈴木 市郎 (外1名)

(71) 出願人 501387839

株式会社日立ハイテクノロジーズ

東京都港区西新橋一丁目24番14号

(74) 上記1名の代理人 100093492

弁理士 鈴木 市郎 (外1名)

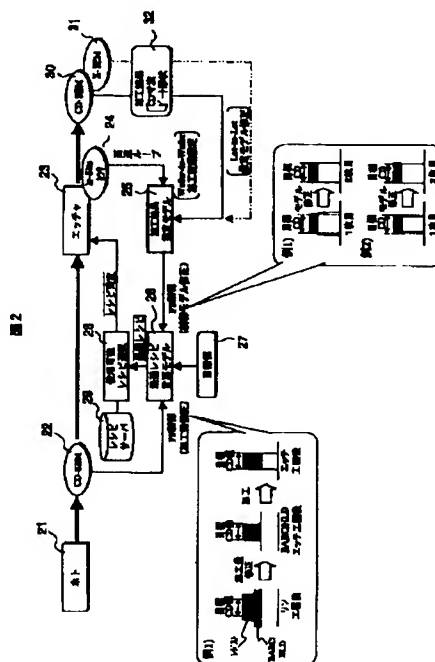
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置および処理方法

(57) 【要約】

【課題】 外乱による影響を抑制することのできるプラズマ処理装置および処理方法を提供する。

【解決手段】 真空処理室内に収容した試料に処理を施すプラズマ処理装置23と、前記処理中のプロセス量をモニタするセンサ24と、前記センサからのモニタ出力および予め設定した加工結果の予測式をもとに加工結果を推定する加工結果推定モデル25と、前記加工結果の推定モデルの推定結果をもとに加工結果が目標値となるように処理条件の補正量を計算する最適レシピ計算モデル26を備え、該最適レシピ計算モデルが生成したレシピをもとに前記プラズマ処理装置23を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空処理室内に収容した試料に処理を施すプラズマ処理装置と、

該処理装置の処理中のプロセス量をモニタするセンサと、

該センサからのモニタ出力および予め設定した処理結果の予測式をもとに処理結果を推定する処理結果推定モデルと、

前記処理結果推定モデルの推定結果をもとに処理結果が目標値となるように処理条件の補正量を計算する最適レシピ計算モデルを備え、

該最適レシピ計算モデルが生成したレシピをもとに前記プラズマ処理を制御することを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項2】 請求項1の記載において、前記プラズマ処理装置、またはシステムは、処理結果得られた前記試料の形状を測定する処理結果の測定機を備え、該測定機の測定結果に基づき前記処理結果推定モデルを修正することを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項3】 請求項1ないし請求項2の何れか1の記載において、前記最適レシピ計算モデルは、該モデルが計算した最適レシピの妥当性を判断して使用可能なレシピを選択する使用可能レシピ選択手段を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項4】 請求項3の記載において、前記使用可能レシピ選択手段は、予め格納したレシピの中から、前記最適レシピ計算モデルが計算した最適レシピに最も近似するレシピを選択することを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4の何れか1の記載において、前記最適レシピ計算モデルは前記試料の加工前形状を測定する測定機を備え、該測定機の測定結果に基づき前記最適レシピ計算モデルを用いて処理結果が目標値となるように処理条件を計算するフィードフォワード制御を最適レシピ計算処理に付加することを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項6】 真空処理室内に収容した試料に処理を施すプラズマ処理装置と、

処理結果の測定機の測定結果および目標値をもとに最適レシピを計算する最適レシピ計算モデルと、

前記最適レシピ計算モデルが計算した最適レシピの妥当性を判断して使用可能レシピを選択する使用可能レシピ選択手段を備え、

該使用可能レシピ選択手段が選択したレシピをもとに前記プラズマ処理装置を制御することを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項7】 請求項6の記載において、前記最適レシピ計算モデルは前記試料の加工前形状を測定する測定機を備え、該測定機の測定結果に基づき前記最適レシピ計

算モデルを用いて処理結果が目標値となるように処理条件を計算するフィードフォワード制御を最適レシピ解散処理に付加することを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項8】 請求項1ないし請求項7の何れか1の記載において、処理結果を推定する光散乱式の形状推定手段を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項9】 請求項1ないし請求項8の何れか1の記載において、前記プラズマ処理装置はプラズマエッチング処理装置であることを特徴とするプラズマ処理装置、またはシステム。

【請求項10】 真空処理室内に収容した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、該処理方法は、前記処理中のプロセス量をモニタするステップと、

前記モニタ結果をもとに処理結果を推定するステップと、前記処理結果の推定結果をもとに処理結果が目標値となるように処理条件の補正量を計算して最適レシピを生成するステップと、

前記生成した最適レシピをもとに前記プラズマ処理装置を制御するステップからなることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項11】 請求項10の記載において、前記モニタ結果をもとに処理結果を推定するステップは推定モデルを備え、処理結果得られた前記試料の形状の測定結果に基づき前記推定モデルを修正するステップを備えたことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項12】 真空処理室内に収容した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、処理結果の測定機の測定結果および目標値をもとに最適レシピを計算するステップと、前記最適レシピの妥当性を判断するステップと、妥当性ありと判断したレシピをもとに前記プラズマ処理装置を制御することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項13】 請求項1ないし請求項9の何れか1の記載において、複数の項目からなる処理条件を、予めウエハ面内の加工結果の均一性に影響を与える処理条件と均一性に影響を与えない処理条件とに二分して、均一性に影響を与えない処理条件のみを用いて処理結果が目標値に一致するように制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項14】 請求項10ないし請求項12の何れか1の記載において、該処理ステップの最初に、複数の項目からなる処理条件を、予めウエハ面内の加工結果の均一性に影響を与える処理条件と均一性に影響を与えない処理条件とに二分するステップと、均一性に影響を与える処理条件を均一性の観点から最適化するステップと、を付け加えたものであり、かつ最適

レシピを生成するステップを、均一性に影響を与えない処理条件のみを対象にして処理結果が目標値に一致するように処理条件の補正量を計算して補正し、予め最適化しておいた均一性に影響を与える処理条件と合わせて最適レシピとする、ことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項15】 請求項8の記載において、光散乱形状推定手段を用いて、ロット毎にサンプルしたウエハの格子マークの加工形状を破壊検査を行うことなく測定し、前記処理結果推定モデルを修正することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラズマ処理装置および処理方法にかかり、特に外乱による影響を抑制することのできるプラズマ処理装置および処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】プラズマ処理装置は、例えば、真空処理室内にエッチングガスを導入し、減圧下でプラズマ放電を発生させ、このプラズマ中に発生するラジカルあるいはイオンを、被処理物であるウエハ表面に反応させてエッチングをする装置が知られている。このような処理を行うドライエッチング装置は、レシピと呼ばれる製造条件（ガス流量、ガス圧力、投入電力、エッチング時間等）のもとにエッチング処理を行う。前記レシピは半導体デバイスの特定の製造工程（同一プロセス）においては、常に一定に保持されている。なお、前記1つのプロセスを数ステップに分割して各ステップ毎に製造条件を変更する場合もある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】半導体製造工程において、ドライエッチング装置があるプロセスを処理する場合、前述のようにレシピと呼ばれる製造条件をウエハ処理毎に毎回一定に設定してウエハ加工を行う。

【0004】しかし、最近の微細化が進んだ状態でドライエッチングプロセスでは、ウエハとエッチングガスの反応生成物が処理室内壁に堆積し、この堆積物からアウトガスと呼ばれる不要なガスが発生し、このため処理室内の環境が経時変化する。さらに、処理室関連部品の温度変化、部品の消耗によっても処理室内環境は変化する。このようにドライエッチング装置には様々な外乱要因が存在する。

【0005】また、エッチングの前工程であるリソグラフィ工程で形成するマスクの形状寸法のばらつきも、エッチング結果に重要な影響を与える。

【0006】すなわち、一定のレシピを用いてエッチング処理を行っても、種々の外乱により一定の性能を得ることは困難である。本発明はこれらの問題点に鑑みてなされたもので、特に外乱による影響を抑制することので

きるプラズマ処理装置および処理方法を提供する。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を解決するために次のような手段を採用した。

【0008】真空処理室内に収容した試料に処理を施すプラズマ処理装置と、該処理装置の処理中のプロセス量をモニタするセンサと、該センサからのモニタ出力および予め設定した加工結果の予測式をもとに加工結果を推定する加工結果推定モデルと、前記加工結果推定モデルの推定結果をもとに加工結果が目標値となるように最適な処理条件を再計算する最適レシピ計算モデルを備え、該最適レシピ計算モデルが生成したレシピをもとに前記プラズマ処理装置23を制御する。

【0009】また、真空処理室内に収容した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、該処理方法は、前記処理中のプロセス量をモニタするステップと、前記モニタ結果をもとに加工結果を推定するステップと、前記加工結果の推定結果をもとに加工結果が目標値となるように処理条件の補正量を計算して最適レシピを生成するステップと、前記生成した最適レシピをもとに前記プラズマ処理装置を制御するステップからなる。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態にかかるドライエッチング装置の概要を示す図である。図において、1はプラズマ1cを生成するプラズマ処理室、1bは処理室内のウエハステージ1a上に載置した被処理物であるウエハである。2は装置に供給するガス流量、ガス流量、ガス圧力、投入電力等の処理中のプロセス量をモニタするためのセンサであり、これらのセンサは通常ドライエッチング装置に標準装備される。3は付加センサであり、例えば、プラズマ光のスペクトルを解析するための発光分光センサ（OES：Optical Emission Spectroscopy）、プラズマ粒子の質量を分析するための4重極質量分析装置（QMS：Quadrupole Mass Spectrometry）、4はレシピ6に従ってドライエッチング装置を制御するアクチュエータ、5は処理中のプロセス量をレシピあるいは生産管理情報（ロット番号、ウエハID等）と結合して保存するデータベースである。なお、前記レシピはウエハ処理中あるいはウエハ処理毎に変更可能である。

【0011】図2は、本発明の第1の実施形態にかかるドライエッチング処理システムの全体構成を示す図である。該装置はフィードバック（FB）制御系およびフィードフォワード（FF）制御系を含む。

【0012】図において、21はフォトリソグラフィ処理装置であり、例えば半導体基板上にレジストを塗布し、該レジストを、例えば目的とするFETのゲート部分に目的とする電極幅のゲート電極が得られるようにエッチング加工する。以下この電極幅の目標値あるいは加

工結果の値をCD (critical dimension) 値と称する。22は前記エッチング後のレジストのCD値を計測するCD-SEM等の計測機、23はプラズマエッチング処理装置(エッチャ)、24はプラズマエッチング処理装置に供給するガス流量、ガス圧力、投入電力、OES、QMS等の処理中のプロセス量をモニタするためのセンサ(以下In-Situセンサと称する)である。25は加工結果推定モデルであり、前記In-Situセンサのモニタ出力あるいは予め設定した加工結果の予測式を用いて加工結果(例えば前記加工結果CD値)を推定する。なお、In-Situセンサはウエハ処理中にウエハ毎にモニタ可能であるため、前記推定モデルはウエハ毎に加工結果を推定することができる。また、この推定モデルは後述する加工結果の測定機出力に基づき修正することができる。

【0013】26は最適レシピ計算モデルであり、前記加工結果の推定モデルの推定結果および目標値27をもとに最適レシピ計算モデルを、例えば図の例1または例2に示すように修正して最適レシピを生成する。また、この計算モデルは前記CD-SEM等の計測機22の出力を例3に示すようにフィードフォワード制御入力として利用することができる。

【0014】28は使用可能レシピ選択手段であり、レシピサーバ29に格納したレシピの中から最適レシピ計算モデルが生成した最適レシピに最も近いレシピを選択して使用可能レシピとして設定する。

【0015】30は加工結果のCD値を測定するCD-SEM(寸法側長用走査形電子顕微鏡(Critical Dimension-Scanning Electron Microscope))、31はその他の加工結果を測定するX-SEM(断面測定用走査形電子顕微鏡(Cross Section-Scanning Electron Microscope))等の加工結果の測定機であり、加工結果をCD値あるいはゲート形状信号32として出力する。なお、前記CD-SEM30およびX-SEM31等の測定機は、前記プラズマエッチング処理装置の処理単位毎(ロット単位毎)にウエハをサンプリングして計測することになる。このため前記CD値あるいはゲート形状はロット毎に得られることになる。

【0016】図3は、本実施形態のドライエッチング装置のフィードバック制御を説明する図である。まずステップ1において、加工目標値(CD値)を設定する。ステップ2において最適レシピ計算モデルは加工目標値から目標値を達成するのに最適なレシピを計算する。ステップ3において、最適レシピに最も近い使用可能なレシピを選択し、ステップ4において、該レシピをエッチング処理装置23に設定する。ステップ5において、エッチングを開始する。ステップ6において、エッチングを行っている間の装置の状態をIn-Situセンサによ

りモニタリングする。ステップ7において、1枚のウエハのエッチング処理が終了すると、ステップ8において、加工結果推定モデルを用いて、前記In-Situセンサの測定値をもとにウエハの加工結果を推定する。ステップ9において、前記推定した加工結果と目標値をもとに、図4に示すように最適レシピ計算モデルを修正し、修正した最適レシピをエッチング処理装置23に設定する。次いでステップ2に進んで次のウエハを処理する。

【0017】また、前述のように、各ロット毎にウエハを1枚ずつサンプリングして、ウエハの実寸法をCD-SEM30あるいはX-SEM31等の加工結果の測定機で測定し、該測定結果に基づいて加工結果の推定モデルを精度よく修正することができる。また、この推定モデルの修正により、前記サンプリング検査のみによりウエハの全数検査に相当する精度のよい検査を実行することができる。

【0018】このように本制御方式によれば、In-Situセンサの測定値を用いて加工結果を推定し、フィードバック制御することができる。また、In-Situセンサの測定値を用いるので、ウエハの実寸法をCD-SEM30あるいはX-SEM31等の加工結果の測定機のみで測定する方法(In-Situセンサを用いない方法)に比して、高速なフィードバックループ(ウエハ毎のフィードバック制御ループ)構成することができる。不良ウエハの大量生産を抑制することができる。

【0019】次に、本実施形態のドライエッチング装置のフィードフォワード制御を説明する。フォトリソグラフィ処理装置21により処理したウエハのレジスト加工寸法(例えばCD値)はCD-SEM等の測定機22により測定する。最適レシピ計算モデル26は、この測定値と前記目標値27とを比較し、ホトリソグラフィ工程におけるレジスト加工寸法の目標値からの前記ずれを相殺する加工量(CDシフト量)を見積もり(図中Y)、この見積もりをもとに最適レシピ計算モデルを用いて最適レシピを計算する。次いで、使用可能レシピ選択手段28はレシピサーバに格納したレシピの中から最適レシピ計算モデルが生成した最適レシピに最も近いレシピを選択して使用可能レシピとして設定する。

【0020】図4においては、ホトリソグラフィ工程における加工結果が目標CD値よりも大の場合の例を示している。このような場合は、レジストを目標CD値になるようにエッチング処理で細くする(スリミング処理)か、あるいは、BARC/HLD(反射防止膜)エッチング処理で目標CD値になるように調整する。次いで目標CD値となったレジスト、あるいはBARC/HLDをマスクとしてエッチング処理する。この場合、目標とするレジストのサイドエッチングによって生じるCDシフト量を見積り、この見積もりをもとに、図5に示すように最適レシピ計算モデルにより最適レシピを計

算する。次いで、計算した最適レシピにもっとも近い、使用可能なレシピを選択し、レジストをエッチング処理する。

【0021】次に、同様に、前記レジストのCD値をもとに、最適レシピ計算モデルにより最適レシピを計算し、計算した最適レシピにもっとも近い使用可能なレシピを選択してウエハのエッチング処理を行い、エッチング処理の工程を終了する図6は、本発明のドライエッチング装置の他の例を示す図である。なお、図において図2に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。この例においては、図2に示す加工結果推定モデルは使用しない。こうすることにより、フィードバックのループ速度は遅くなるが、加工結果の測定機30、31、からの実データを用いたフィードバックを行うことができる。このため、最適レシピ計算モデルをより正確に修正することができる。

【0022】図16は、本発明のドライエッチング装置の他の例を示す図である。なお、図において図2に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。この例においては、図2に示すCD-SEM30とX-SEM31、および加工結果32は使用しない。In-Situセンサ24と加工結果推定モデル25が高精度で維持できる場合、CD-SEM等からのモデル補正は不要となるためである。こうすることにより、CD-SEM、X-SEM等の検査装置を必要としない処理方法が実現でき、半導体製造において検査工程を削減できる。

【0023】図7は、本発明のドライエッチング装置のさらに他の例を示す図である。なお、図において図2に示される部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。この例においては、図2に示すIn-Situセンサ24に代えて、光散乱形状推定手段(Scatterometry)を用いる。光散乱形状推定手段は、ウェハ上に設けた複数の格子マークに、波長もしくは入射角をパラメータとして光を照射して反射率を測定する。つぎに、予め理論計算によって作成しておいた特徴ライブラリと比較して一致度の良いライブラリ波形を探索し、さらに、形状パラメータを調整することにより複数の格子マークにより形成されるウェハの形状、寸法を推定することができる。

【0024】この光散乱形状推定手段24Aを用いて、ロット毎にサンプルしたウェハの格子マークの加工形状を測定し、前記加工結果推定モデル25を修正するようにすれば、X-SEMによる破壊検査を行うことなく形状推定精度を修正することができる(図15)。

【0025】この光散乱推定手段24Aを、プロセス量をモニタするための測定装置(Integrated Metrology)としてエッチング処理装置23に組み込み、エッチング直後のウェハをエッチング装置内で計測し、寸法、形状を推定する。推定結果を基に最適

レシピ計算モデルを修正することは図2の場合と同様である。

【0026】図8は、In-Situセンサを用いた加工結果推定と加工制御の効果を示す図である。図では、In-Situセンサの例として処理中のプラズマ発光を測定する例を示す。プラズマ発光には、プロセスを支配するエッチャントやイオンの情報が含まれており、プラズマ発光のピーク強度やスペクトル形状の変化から加工結果の変化を推定することができる。

【0027】なお、プラズマ発光の変化はわずかであるので、プラズマ発光に対してなんらかの数値処理を施して発光スペクトルの変化成分を感度よく抽出することが望ましい。演算処理としては、たとえば標準スペクトルに対して比や差分をとる方法がある。あるいは統計解析的な手法、たとえば主成分分析を用いれば、多くの発光ピークのなかから変化したピーク成分のみをフィルタリングしてとりだすことができる。

【0028】図8の左欄には、プラズマ発光に対して数値処理をほどこした結果を示している。図の*印は、側壁デポジットに影響を与える発光ピークの変化を示す。この発光ピークの分析結果から、加工結果推定モデルにもとづいて加工結果が推定できる。この様子は図8の中央部に示してあり、所定の形状(最上段に示す)に比べて、発光ピークの変化に対応して側壁デポジットが増加してテーパ角が増加していることが推定される。

【0029】これらの結果にもとづいて、最適なレシピを計算して加工制御をおこなう。最適レシピ計算は、処理レシピに対して補正をかけることで行う。加工目標値からのずれ量に応じて、例えば、テーパ角が目標値に一致している場合は補正を加えずに、テーパ角が大きい場合は補正量を大きくとる。これにより、図3の右欄に示すように、テーパ角を一定にたもつことができる。この最適レシピ計算の方法は後述する。なお、ここではIn-Situセンサとして、プラズマ発光を検出するセンサを用いたが、これ以外にも、たとえば放電電圧(V_{pp})やバイアス電圧(V_{dc})、あるいはインピーダンスモニタを用いることもできる。

【0030】図9は、本実施形態にかかるドライエッチング装置のエッチング制御を説明するブロック図である。

【0031】プロセス量をモニタし、さらに加工結果をモニタするセンサ91としては、発光分光器などの多数のデータを出力するセンサ、プラズマインピーダンスモニタのようにプラズマの状態に感度が高いセンサ、その他の圧力や温度や電圧、電力の入射、反射などの種々のセンサを備えることができる。また、発光分光器のように多数のデータを同時に取得できるセンサが一つあるだけでもよい。これらのセンサは一定時間毎、たとえば1秒毎に、装置の状態を表す信号を出力する。この一回の出力あたりに、センサデータの数はいくつかから数千個で

ある。

【0032】信号圧縮部92はこれらの多数のデータを圧縮して装置状態信号を生成する。装置状態信号の数は場合によって変わるが、数個から数十個の場合がある。この信号圧縮には主成分分析などの統計的解析法を用いることができる。

【0033】加工結果推定部93は、前記装置状態信号の時間変化から、平均化や微分操作によって、ウエハ毎の処理状態信号を生成する。

【0034】ここで、図の加工結果予測式94は、前記生成したウエハ毎の処理状態信号から処理後のウエハの加工結果を予測する予測式であり、予めデータベースに格納しておく。さらに、前記加工結果推定部93は前記処理状態信号および予測式を用いてウエハの加工形状を予測する。なおウエハ内で加工形状のばらつきがあるときには、このばらつきも計算する。

【0035】最適レシピ計算モデル95は前記予測結果および処理の目標値96を入力して、加工結果が目標値になるように処理条件の補正量を計算する。この補正された処理条件（最適レシピ）を装置制御部97に渡し、エッチング装置98を制御して、次のウエハの処理を行う。なお、前記加工結果予測式は、その予測精度の検定をCD-SEMなどの加工形状の測定機による実測結果と比較することにより行うことができる。

【0036】図10は、フィードバック制御あるいはフィードフォワード制御による安定化の効果を示す図である。縦軸はCDゲインであり、CD値の加工による太り量を示す。生産管理上、このCDゲインはわずかに正の値で一定に保たれることが理想的である。しかし、リアクタ内壁面への反応生成物の堆積などにより、プラズマやケミストリの状態がわずかではあるが変化していくために加工に長期的な変動が生じる。これをこの図ではロット間変動と名づけている。特にリアクタを大気開放して内部の堆積物を除去する全掃後から、リアクタ内壁面の状態が安定するまでの間に変動がでる。また、ロット内においても、反応生成物の堆積や内壁面の温度変化などにより短期的な変動（ロット内変動）が生じる。さらに、ホト工程やエッチング工程の加工によるばらつき変動も生じる。

【0037】従来からこうした変動に対しては、内壁面の温度調整などのハード的な改善により、あるいは適当な間隔で（たとえばロットごとやウエハごとに）クリーニングをおこなって堆積物を除去して、リアクタの状態を安定化させることによりデバイス加工のマージン以内におさめている。しかしながら、デバイスの微細化にともない、加工マージンが小さくなると従来の方法では安定化の限界が生じている。これに対して本実施形態に示すようにフィードバック制御あるいはフィードフォワード制御を施すことにより、図10下段に示すようにロット間変動・ロット内変動・ばらつき変動をおさえてデバ

イス加工のマージン以内におさめることが可能になる。

【0038】図11は、図9に示す加工結果予測式を生成するための処理を説明する図である。まず、ステップ1において、エッチング処理装置を用いて試料（ウエハ）の処理を行う。ステップ2において、プロセス量をモニタするセンサのデータをデータ圧縮部において圧縮し、ステップ3において圧縮したデータを処理状態信号データベースに格納する。ステップ4において、前記処理の終了したウエハの加工形状を、例えばCD-SEMなどで測定し、ステップ5において、加工結果データベースに保存する。ステップ6において、前記実測した加工形状と処理状態信号の相関関係式を重回帰分析により求め、加工結果予測式を生成する。

【0039】図12は、本発明のドライエッチング装置のさらに他の例を示す図である。この例では、最適レシピ計算モデルのモデル化方法として統計処理に一般に用いられている応答曲面モデルを利用した。また、図13は最適レシピ計算モデル構築のための処理を示す図である。

【0040】まず、目標とするエッチング性能の項目をA、B、Cとし、エッチング装置へ設定するレシピパラメータがa、b、c、d、e、fの6項目であるとする。A、B、Cは、例えば選択比、サイドエッチング量、テーパー角度といったものであり、a、b、c、d、e、fは、例えばガス流量、圧力、電圧、電力、温度、時間といったものである。まず、ステップ1において、タグチメソッドを用いた評価実験を行い、ステップ2において、均一性に影響を与えるレシピパラメータを選択し、制御可能なパラメータから除外する。これらのパラメータ（本図ではd、e、f）は固定レシピパラメータとして常時固定とすることで、ウエハ毎のフィードバック制御（Run-to-Run制御）により均一性が劣化することを防ぐ。

【0041】ステップ3において、実験計画法を用いてモデル化に必要なデータを取得し、ステップ4において、最適レシピ計算モデルを作成する。図11においては最適レシピ計算モデルの概念を容易に理解できるようにレシピパラメータa、b、cに対して、エッチ性能A、B、エッチ性能A、C、およびエッチ性能B、Cのみがそれぞれ関与している3次元のモデルを仮定した。実際には応答曲面法により生成される最適レシピ計算モデルは、エッチ性能A、B、Cを入力とし、レシピパラメータa、b、cを出力とするような多次元のモデルである。本構築例においては、エッチング性能を変化させるためにモデルの傾斜を変化させる方法をとった。このようにして修正されたモデルを用いて導かれる更新されたレシピパラメータa'、b'、c'と固定レシピパラメータd、e、fを次のウエハの処理条件として与える。ステップ5において、前記エッチング条件にしたがってエッチング処理を実行する。

【0042】図14は、使用可能レシピ選択手段の使用可能レシピ選択方法を説明する図である。あるプロセスにおいて、1枚目のウェハを処理する場合、まず、最適レシピ計算モデルにより、CDシフト量およびCDテーパの目標値を元に、①で示すレシピNo. 20が算出されて、このレシピで処理が行われる。ここでは説明を簡便にするために目標値を2変数としたが、2変数以上の場合も同様である。

【0043】1枚目のウェハのエッチング処理終了後、加工結果推定モデルあるいはCD-SEM等の計測機により加工結果を測定する。この測定結果が②に示すように目標としていたものからずれていたとする。この場合は、当初の計算モデルが経時変化などにより変動していると判断し、モデルを当初のレシピ（ここではレシピNo. 20）が当該加工結果に一致するように移動もしくは傾斜させ、モデル修正を行う（初期の最適レシピ計算モデルを移動して修正後の最適レシピ計算モデル（1）とする）。

【0044】2枚目のウェハのエッチング処理時には、修正された最適レシピ計算モデル（1）を使用し、目標値から最適レシピ（④に示す2枚目ウェハのレシピNo. 10）を選択する。

【0045】しかし、モデル修正後にモデルが図中に示している「修正後の最適レシピ計算モデル（2）」になった場合は、目標値での最適レシピは存在しない。したがって、この場合は、アラームを出し、エッチング処理は行わないことになる。これにより、装置が異常になった場合、多くの不良を出すことを未然に防ぐことができる。また、このアラームは、前記全掃といわれるメンテナンス処理の実行判断として使用することもできる。なお、以上の説明ではプラズマ処理装置としてプラズマエッチング装置を代表例として説明したが、本発明はプラズマCVD装置等の他のプラズマ処理装置にも適用することができる。

【0046】以上説明したように、本実施形態によれば、プロセス量をモニタするためのセンサ出力あるいは加工結果の測定機の測定結果を基にフィードバック制御あるいはフィードフォワード制御を施すので、経時変化等に基づくロット間変動・ロット内変動およびばらつき変動をおさえ精度のよいデバイス加工を実施することができる。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、外乱による影響を抑制することのできるプラズマ処理装置および処理方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかるドライエッチング装置の概要を示す図である。

【図2】ドライエッチング装置の全体構成を示す図である。

【図3】ドライエッチング装置のフィードバック制御を説明する図である。

【図4】最適レシピ計算モデルの修正を説明する図である。

【図5】最適レシピの計算を説明する図である。

【図6】ドライエッチング装置の他の例を示す図である。

【図7】ドライエッチング装置のさらに他の例を示す図である。

【図8】In-Situセンサを用いた加工結果推定と加工制御の効果を示す図である。

【図9】ドライエッチング装置のエッチング制御を説明する図である。

【図10】フィードバック制御あるいはフィードフォワード制御による安定化の効果を示す図である。

【図11】加工結果予測式を生成するための処理を説明する図である。

【図12】ドライエッチング装置のさらに他の例を示す図である。

【図13】最適レシピ計算モデル構築のための処理を示す図である。

【図14】使用可能レシピ選択手段の使用可能レシピ選択方法を説明する図である。

【図15】ドライエッチング装置のさらに他の例を示す図である。

【図16】ドライエッチング装置のさらに他の例を示す図である。

・【符号の説明】

1 プラズマ処理室

1a ウエハステージ

1b ウエハ

2 センサ

3 付加センサ

4 アクチュエータ

5 データベース

6 レシピ

7 生産管理情報

21 フォトリソグラフィ処理装置

22 CD-SEM

23 プラズマエッチング処理装置

24 In-Situセンサ

24A 光散乱式形状推定手段

25 加工結果推定モデル

26 最適レシピ計算モデル

27 目標値

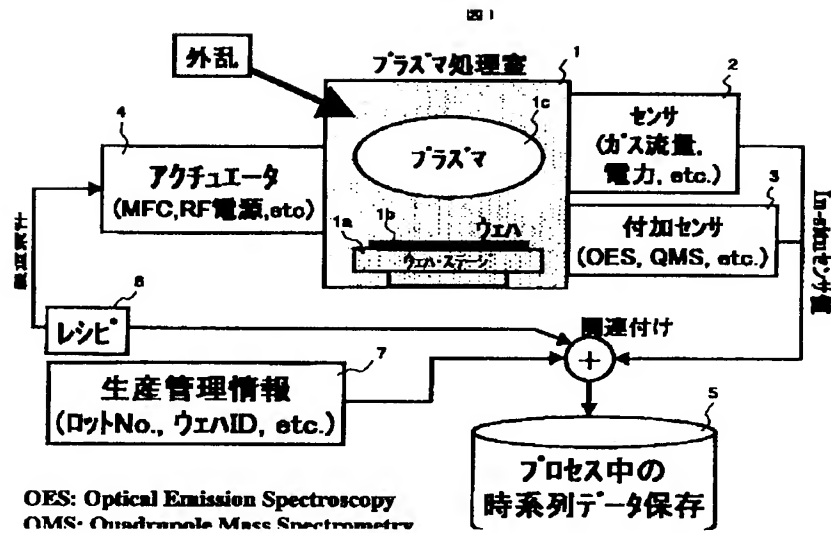
28 使用可能レシピ選択手段

29 レシピサーバ

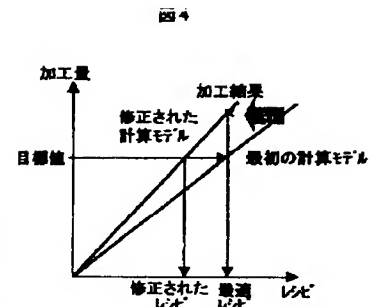
30 CD-SEM

31 X-SEM

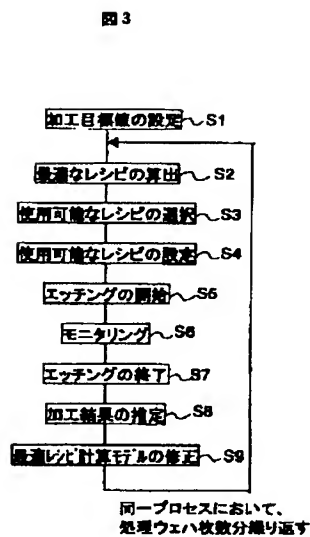
【図1】



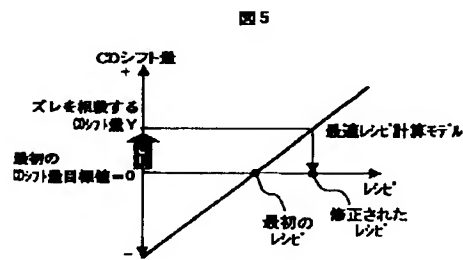
【図4】



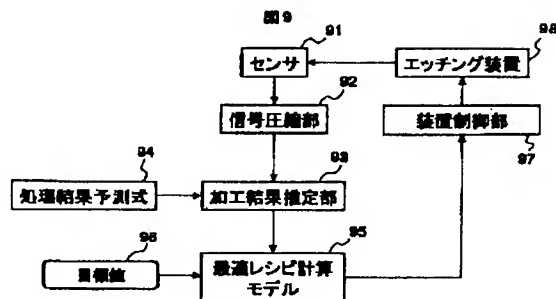
【図3】



【図5】



【図9】



【図6】

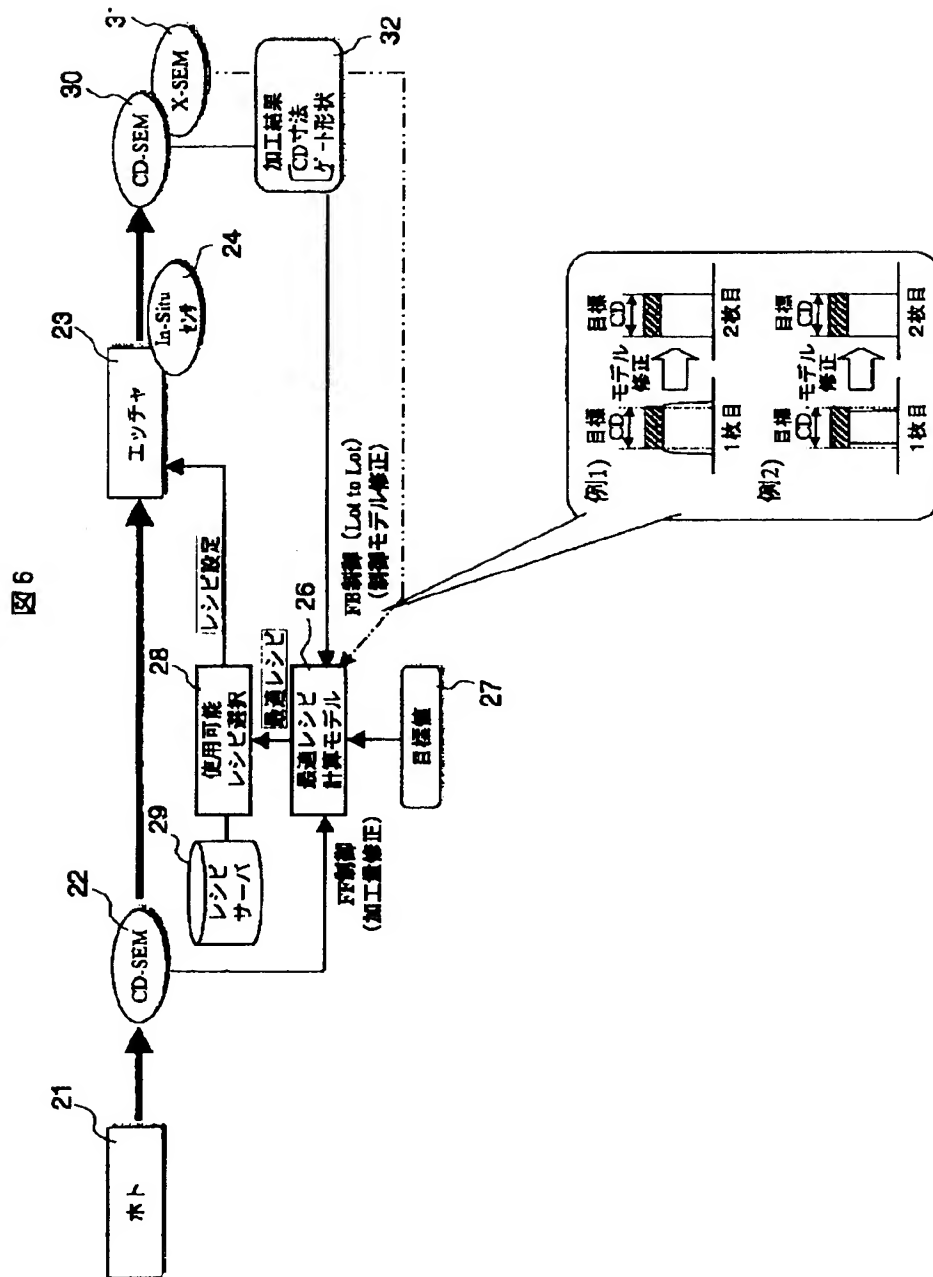
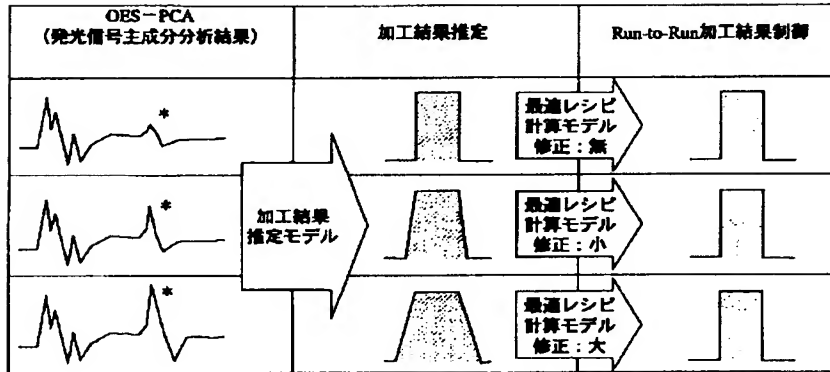


図 7

The flowchart illustrates a CD-ROM production process. It begins with a 'ホト' (Photo) input (21) leading to a 'CD-SEM' (22). From 'CD-SEM' (22), the process flows through 'レジビサーバ' (26) and '使用可能レジビ選択' (28) to 'レジビ設定' (29). 'レジビ設定' (29) leads to 'エッチャ' (23), which then leads to '光散乱式形状推定手段' (24A). '光散乱式形状推定手段' (24A) leads to 'CD-SEM' (30), which then leads to 'X-SEM' (31). 'X-SEM' (31) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (32). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (32) leads to '高速ループ' (24B), which then leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (25). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (25) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (26). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (26) leads to '目標値' (27). '目標値' (27) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (28). 'FF制御 (加工量修正)' (28) leads to '最速レジビ計算モデル' (29). '最速レジビ計算モデル' (29) leads to '最速レジビ' (30). '最速レジビ' (30) leads to 'レジビ設定' (31). 'レジビ設定' (31) leads to 'エッチャ' (32). 'エッチャ' (32) leads to '光散乱式形状推定手段' (33). '光散乱式形状推定手段' (33) leads to 'CD-SEM' (34). 'CD-SEM' (34) leads to 'X-SEM' (35). 'X-SEM' (35) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (36). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (36) leads to '高速ループ' (37). '高速ループ' (37) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (38). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (38) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (39). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (39) leads to '目標値' (40). '目標値' (40) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (41). 'FF制御 (加工量修正)' (41) leads to '最速レジビ計算モデル' (42). '最速レジビ計算モデル' (42) leads to '最速レジビ' (43). '最速レジビ' (43) leads to 'レジビ設定' (44). 'レジビ設定' (44) leads to 'エッチャ' (45). 'エッチャ' (45) leads to '光散乱式形状推定手段' (46). '光散乱式形状推定手段' (46) leads to 'CD-SEM' (47). 'CD-SEM' (47) leads to 'X-SEM' (48). 'X-SEM' (48) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (49). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (49) leads to '高速ループ' (50). '高速ループ' (50) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (51). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (51) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (52). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (52) leads to '目標値' (53). '目標値' (53) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (54). 'FF制御 (加工量修正)' (54) leads to '最速レジビ計算モデル' (55). '最速レジビ計算モデル' (55) leads to '最速レジビ' (56). '最速レジビ' (56) leads to 'レジビ設定' (57). 'レジビ設定' (57) leads to 'エッチャ' (58). 'エッチャ' (58) leads to '光散乱式形状推定手段' (59). '光散乱式形状推定手段' (59) leads to 'CD-SEM' (60). 'CD-SEM' (60) leads to 'X-SEM' (61). 'X-SEM' (61) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (62). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (62) leads to '高速ループ' (63). '高速ループ' (63) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (64). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (64) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (65). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (65) leads to '目標値' (66). '目標値' (66) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (67). 'FF制御 (加工量修正)' (67) leads to '最速レジビ計算モデル' (68). '最速レジビ計算モデル' (68) leads to '最速レジビ' (69). '最速レジビ' (69) leads to 'レジビ設定' (70). 'レジビ設定' (70) leads to 'エッチャ' (71). 'エッチャ' (71) leads to '光散乱式形状推定手段' (72). '光散乱式形状推定手段' (72) leads to 'CD-SEM' (73). 'CD-SEM' (73) leads to 'X-SEM' (74). 'X-SEM' (74) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (75). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (75) leads to '高速ループ' (76). '高速ループ' (76) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (77). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (77) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (78). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (78) leads to '目標値' (79). '目標値' (79) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (80). 'FF制御 (加工量修正)' (80) leads to '最速レジビ計算モデル' (81). '最速レジビ計算モデル' (81) leads to '最速レジビ' (82). '最速レジビ' (82) leads to 'レジビ設定' (83). 'レジビ設定' (83) leads to 'エッチャ' (84). 'エッチャ' (84) leads to '光散乱式形状推定手段' (85). '光散乱式形状推定手段' (85) leads to 'CD-SEM' (86). 'CD-SEM' (86) leads to 'X-SEM' (87). 'X-SEM' (87) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (88). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (88) leads to '高速ループ' (89). '高速ループ' (89) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (90). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (90) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (91). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (91) leads to '目標値' (92). '目標値' (92) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (93). 'FF制御 (加工量修正)' (93) leads to '最速レジビ計算モデル' (94). '最速レジビ計算モデル' (94) leads to '最速レジビ' (95). '最速レジビ' (95) leads to 'レジビ設定' (96). 'レジビ設定' (96) leads to 'エッチャ' (97). 'エッチャ' (97) leads to '光散乱式形状推定手段' (98). '光散乱式形状推定手段' (98) leads to 'CD-SEM' (99). 'CD-SEM' (99) leads to 'X-SEM' (100). 'X-SEM' (100) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (101). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (101) leads to '高速ループ' (102). '高速ループ' (102) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (103). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (103) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (104). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (104) leads to '目標値' (105). '目標値' (105) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (106). 'FF制御 (加工量修正)' (106) leads to '最速レジビ計算モデル' (107). '最速レジビ計算モデル' (107) leads to '最速レジビ' (108). '最速レジビ' (108) leads to 'レジビ設定' (109). 'レジビ設定' (109) leads to 'エッチャ' (110). 'エッチャ' (110) leads to '光散乱式形状推定手段' (111). '光散乱式形状推定手段' (111) leads to 'CD-SEM' (112). 'CD-SEM' (112) leads to 'X-SEM' (113). 'X-SEM' (113) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (114). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (114) leads to '高速ループ' (115). '高速ループ' (115) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (116). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (116) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (117). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (117) leads to '目標値' (118). '目標値' (118) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (119). 'FF制御 (加工量修正)' (119) leads to '最速レジビ計算モデル' (120). '最速レジビ計算モデル' (120) leads to '最速レジビ' (121). '最速レジビ' (121) leads to 'レジビ設定' (122). 'レジビ設定' (122) leads to 'エッチャ' (123). 'エッチャ' (123) leads to '光散乱式形状推定手段' (124). '光散乱式形状推定手段' (124) leads to 'CD-SEM' (125). 'CD-SEM' (125) leads to 'X-SEM' (126). 'X-SEM' (126) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (127). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (127) leads to '高速ループ' (128). '高速ループ' (128) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (129). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (129) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (130). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (130) leads to '目標値' (131). '目標値' (131) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (132). 'FF制御 (加工量修正)' (132) leads to '最速レジビ計算モデル' (133). '最速レジビ計算モデル' (133) leads to '最速レジビ' (134). '最速レジビ' (134) leads to 'レジビ設定' (135). 'レジビ設定' (135) leads to 'エッチャ' (136). 'エッチャ' (136) leads to '光散乱式形状推定手段' (137). '光散乱式形状推定手段' (137) leads to 'CD-SEM' (138). 'CD-SEM' (138) leads to 'X-SEM' (139). 'X-SEM' (139) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (140). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (140) leads to '高速ループ' (141). '高速ループ' (141) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (142). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (142) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (143). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (143) leads to '目標値' (144). '目標値' (144) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (145). 'FF制御 (加工量修正)' (145) leads to '最速レジビ計算モデル' (146). '最速レジビ計算モデル' (146) leads to '最速レジビ' (147). '最速レジビ' (147) leads to 'レジビ設定' (148). 'レジビ設定' (148) leads to 'エッチャ' (149). 'エッチャ' (149) leads to '光散乱式形状推定手段' (150). '光散乱式形状推定手段' (150) leads to 'CD-SEM' (151). 'CD-SEM' (151) leads to 'X-SEM' (152). 'X-SEM' (152) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (153). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (153) leads to '高速ループ' (154). '高速ループ' (154) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (155). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (155) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (156). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (156) leads to '目標値' (157). '目標値' (157) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (158). 'FF制御 (加工量修正)' (158) leads to '最速レジビ計算モデル' (159). '最速レジビ計算モデル' (159) leads to '最速レジビ' (160). '最速レジビ' (160) leads to 'レジビ設定' (161). 'レジビ設定' (161) leads to 'エッチャ' (162). 'エッチャ' (162) leads to '光散乱式形状推定手段' (163). '光散乱式形状推定手段' (163) leads to 'CD-SEM' (164). 'CD-SEM' (164) leads to 'X-SEM' (165). 'X-SEM' (165) leads to '加工結果[CD可法]γ-点形状' (166). '加工結果[CD可法]γ-点形状' (166) leads to '高速ループ' (167). '高速ループ' (167) leads to 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (168). 'FB制御 (Water to Water) (制御モデル修正)' (168) leads to 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (169). 'Lot-to-Lot (制御モデル修正)' (169) leads to '目標値' (170). '目標値' (170) leads to 'FF制御 (加工量修正)' (171). 'FF制御 (加工量修正)' (171) leads to '最速レジビ計算モデル' (172). '最速レジビ計算モデル' (172) leads to '

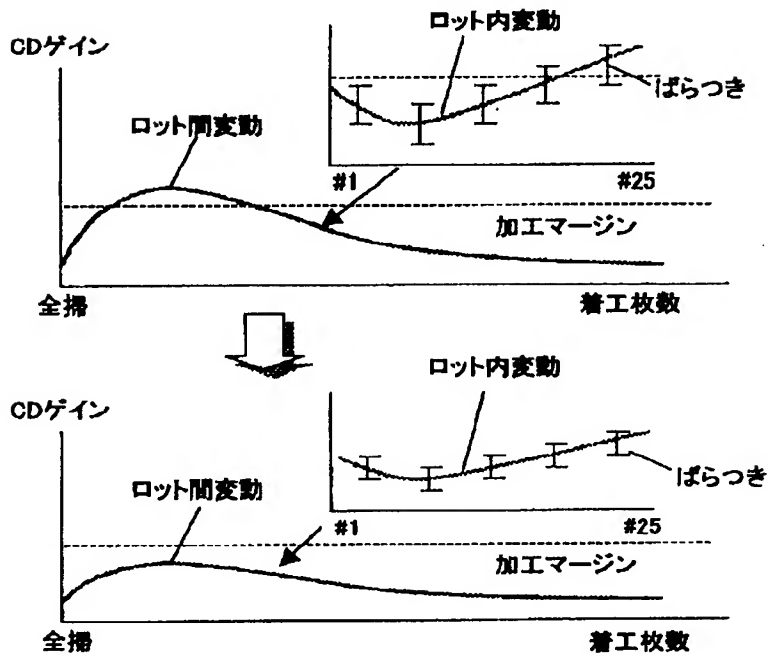
【図8】

図8



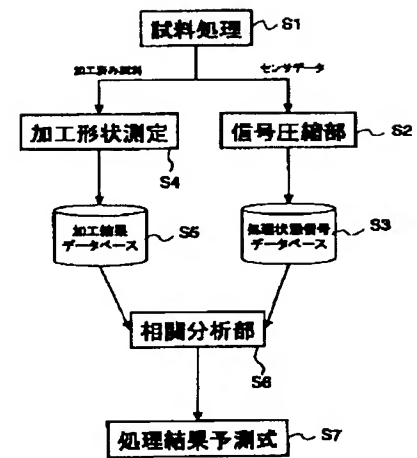
【図10】

図10

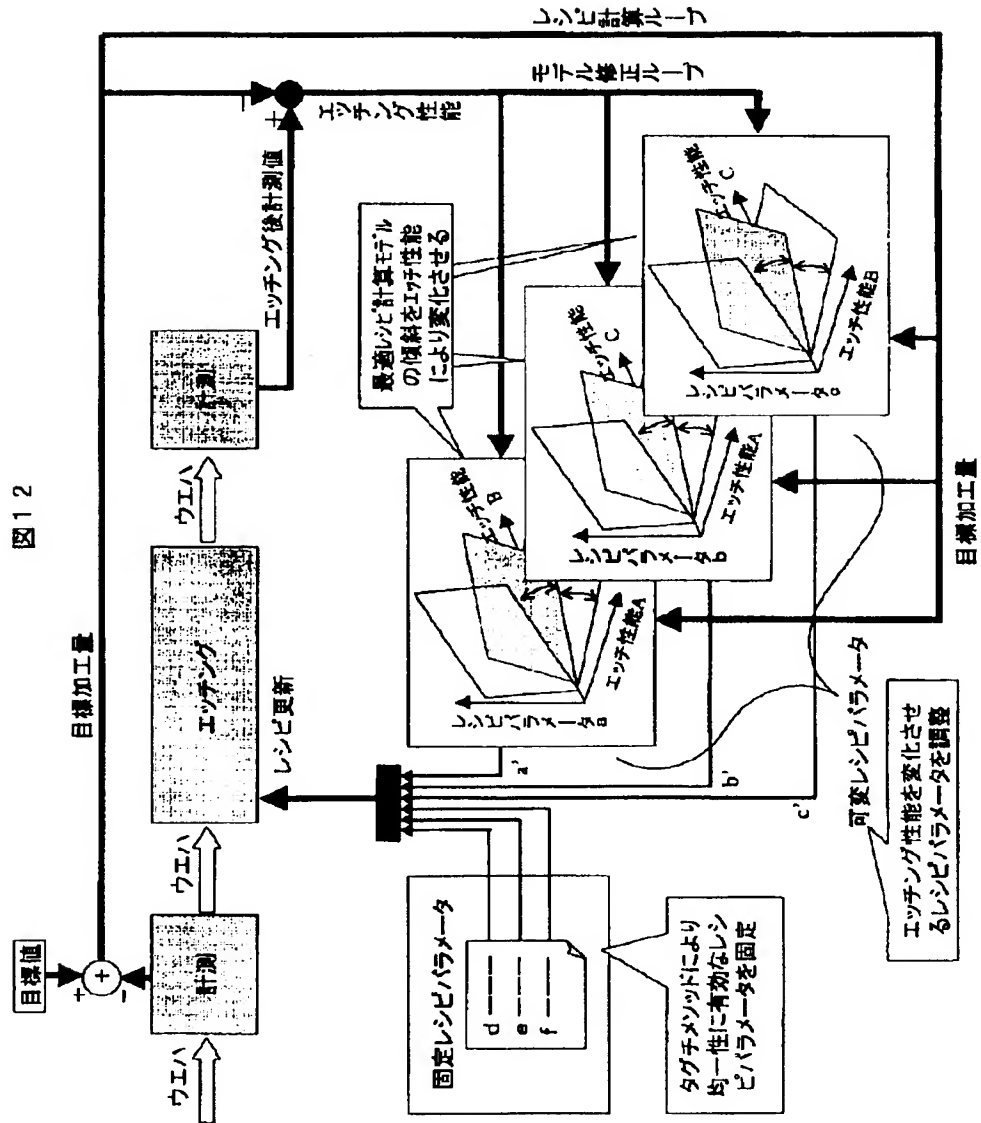


【図11】

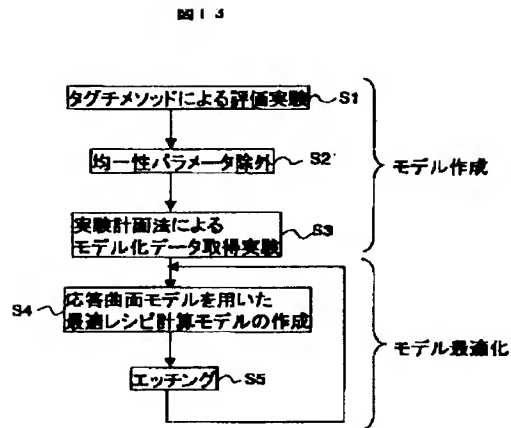
図11



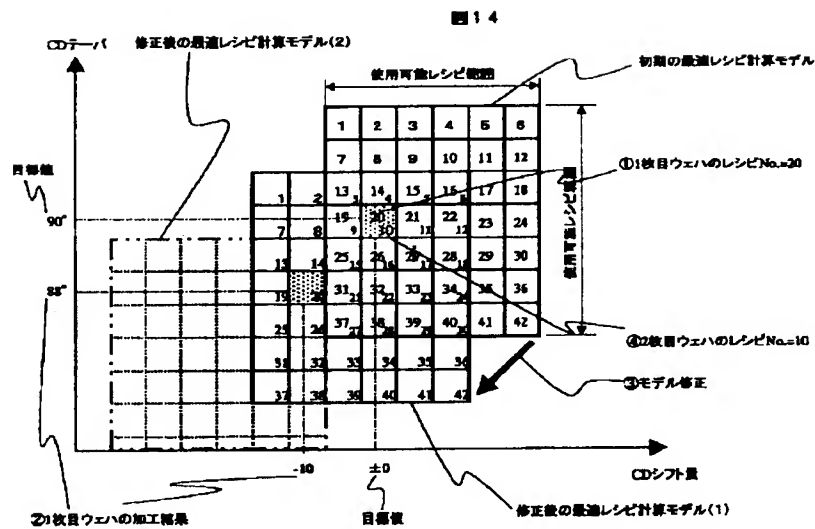
【図12】



【図13】

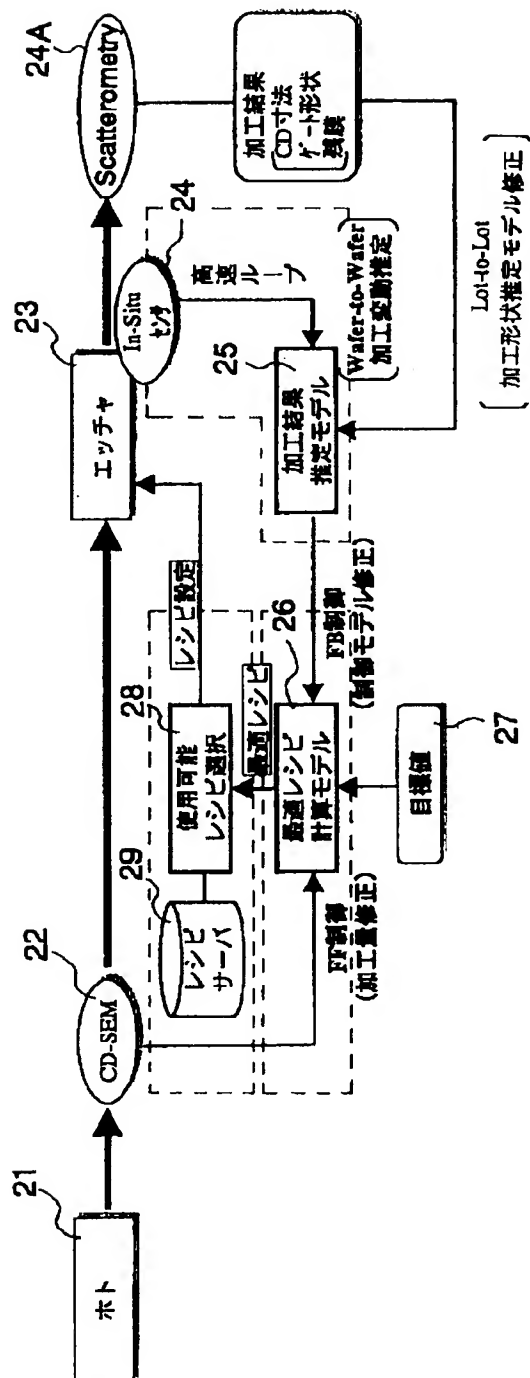


【図14】



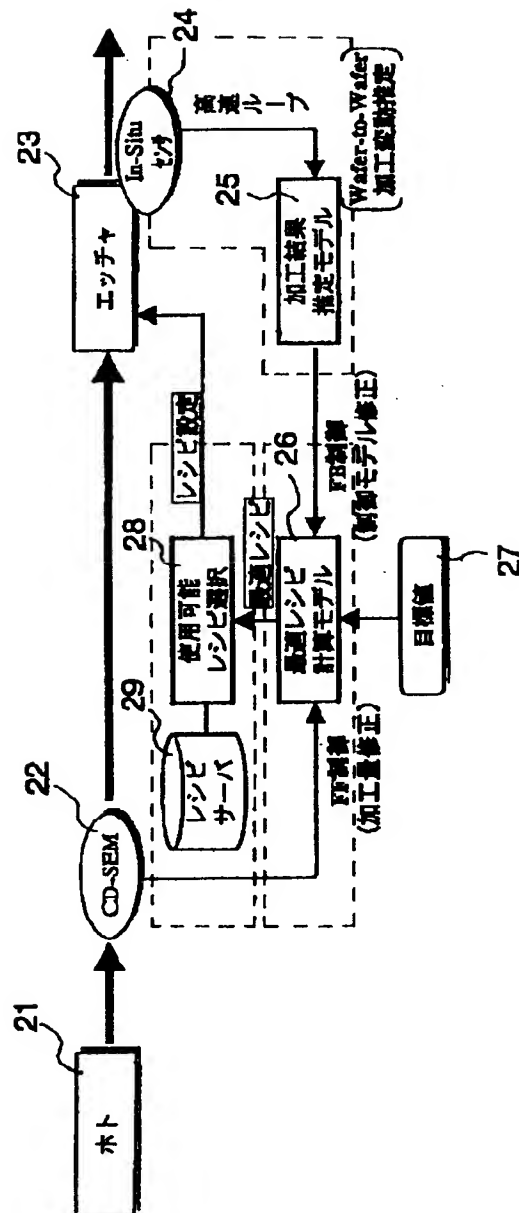
【図15】

図15



【図16】

図16



フロントページの続き

(72)発明者 鹿子嶋 昭
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会
 社日立製作所笠戸事業所内

(72)発明者 山本 秀之
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会
 社日立製作所笠戸事業所内

(72)発明者 幾原 祥二
東京都足立区中川四丁目13番17号 日立テ
クノエンジニアリング株式会社内
(72)発明者 増田 俊夫
茨城県土浦市神立町 502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内
(72)発明者 橘内 浩之
茨城県土浦市神立町 502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(72)発明者 田中 潤一
茨城県土浦市神立町 502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内
(72)発明者 森岡 なつよ
神奈川県横浜市戸塚区吉田町 292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 玉置 研二
神奈川県横浜市戸塚区吉田町 292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内
F ターム(参考) 4G075 AA30 AA62 AA65 BC06 CA12
DA01 DA04 EB41
5F004 AA16 CA02 CA03 CA08 CB02
CB04